

(19)日本国特許庁 (JP)

## (12) 公表特許公報 (A)

(11)特許出願公表番号

特表2003-532122  
(P2003-532122A)

(43)公表日 平成15年10月28日(2003.10.28)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
 G 0 1 S 17/10  
 G 0 1 J 1/02  
 1/42  
 H 0 1 L 27/14  
 27/148

識別記号

F I  
 G 0 1 S 17/10  
 G 0 1 J 1/02  
 1/42  
 H 0 1 L 31/02  
 27/14

テマコード(参考)  
 2 G 0 6 5  
 Q 4 M 1 1 8  
 N 5 F 0 8 8  
 D 5 J 0 8 4  
 K

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 40 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2001-581152(P2001-581152)  
 (22)出願日 平成13年3月26日(2001.3.26)  
 (85)翻訳文提出日 平成14年10月8日(2002.10.8)  
 (86)国際出願番号 PCT/CH01/00184  
 (87)国際公開番号 WO01/084182  
 (87)国際公開日 平成13年11月8日(2001.11.8)  
 (31)優先権主張番号 00109271.7  
 (32)優先日 平成12年4月28日(2000.4.28)  
 (33)優先権主張国 欧州特許庁 (EP)  
 (81)指定国 J P, U S

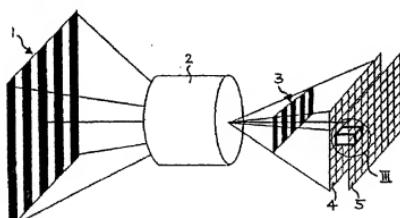
(71)出願人 セーエスウエーム、サントル、スイス、デ  
 レクトロニック、エ、ド、ミクロテクニッ  
 ク、ソシエテ、アノニム  
 CSEM CENTRE SUISSE  
 D'ELECTRONIQUE ET D  
 E MICROTECHNIQUE SA  
 スイス国ヌーシャテル、リュ、ジャケード  
 口、1  
 (72)発明者 ベーター、ザイツ  
 スイス国ウルドルフ、ベルクシュトラー  
 セ、35  
 (74)代理人 弁理士 吉武 賢次 (外4名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】変調された電磁波を空間的に分解して光検出し復調するための装置及び方法

## (57)【要約】

時間的に変調された電磁波を空間的に分解して光検出し復調する装置及び方法により、時間的に変調され空間的に符号化された放射電磁界の位相、振幅及びオフセットを測定できる。マイクロ光学素子(41)が、場面の一部分(30)を空間的に平均化し、互いに近接した2つのフォトサイト(51.1、51.2)に平均化された強度を均等に分布する。これらのフォトサイト(51.1)のそれぞれには、2つの格納エリア(54.1、54.2)が隣接しており、この中にフォトサイトからの電荷が即座に移動され、本質的にノイズがなく蓄積される。これは、電荷結合素子(CCD)の原則を用いることにより可能である。この装置は、高い光学的な開口率、オフセットエラーに対する無感応性、ほとんど光がない状態でも維持される高い感度、同時データ獲得、小さいピクセルサイズ、及び正弦波とパルス状の放射信号を利用可能な倍光子を使用するさいに最大効率を兼ね備える。部品を動かさずに2D又は3Dレンジングデータを与える飛行時間(TOF)レンジイメージングシステムにおいて優先的に使用される。



**【特許請求の範囲】****【請求項1】**

1次元又は2次元配列のピクセル(50)を含み、ピクセル(50)が、  
入射電磁放射を電気信号に変換する少なくとも2つの要素(51.1、51.2)  
を含み、各変換要素(51.1、51.2)が、

前記電気信号を格納する少なくとも1つの要素(54.1から54.4)に関連し、前記少なくとも1つの格納要素(54.1から54.4)が、入射電磁放射にアクセス不能又は無感応である、時間的に変調された電磁波を空間的に分解して光検出し復調するための装置において、

ピクセル(50)は、ピクセル(50)に入射する電磁放射を空間的に平均化し、平均化された電磁放射をピクセル(50)の前記変換要素(51.1、51.2)に均等に分配する光学要素(41)を含むことを特徴とする装置。

**【請求項2】**

前記光学要素(41)は、屈折及び／又は回折光学要素を含む請求項1に記載の装置。

**【請求項3】**

ピクセル(50)は、2つの変換要素(51.1、51.2)を有する請求項1又は2に記載の装置。

**【請求項4】**

各変換要素(51.1)は、2つの格納要素(54.1、54.2)と関連する請求項1から3のいずれか一項に記載の装置。

**【請求項5】**

ピクセル(50)の前記配列は、CCD又はCMOS-APS/CCD技術において実現される請求項1から4のいずれか1項に記載の装置。

**【請求項6】**

(a) 電磁放射を1次元又は2次元配列のピクセル(50)に衝突させるステップと、

(b) 少なくとも2つの変換要素(51.1、51.2)において、ピクセル(50)に入射する電磁放射を少なくとも2つの電気信号に変換するステップと

(c) 少なくとも1つの格納要素(54.1から54.4)に、前記少なくとも2つの電気信号のそれぞれを格納するステップとを含む、時間的に変調された電磁波を空間的に分解して光検出し復調するための方法において、

ステップ(c)の前に、ピクセル(50)に入射する電磁放射は空間的に平均化され、平均化された電磁放射はピクセル(50)の前記変換要素(51.1、51.2)に均等に分配されることを特徴とする方法。

#### 【請求項7】

ピクセル(50)の2つの変換要素(51.1、51.2)は、互いに90°位相シフトして動作される請求項6に記載の方法。

#### 【請求項8】

各ピクセル(50)は、個々にアドレスされ読み出される請求項6又は7に記載の方法。

#### 【請求項9】

第1の制限された時間間隔の間、パルス状の電磁放射(104)を放出するための手段(101)と、

第2の制限された時間間隔(107)の間、入射電磁放射を検出するための、好ましくは請求項1から5のいずれか1項に記載の手段(103)とを含む、前記装置と物体(102)との間の距離(L)を決定するための装置において、

前記第1及び第2の時間間隔が重複しないように、前記放出手段(101)及び検出手段(103)を制御するための手段(105)を備えたことを特徴とする装置。

#### 【請求項10】

前記制御手段(105)は、前記第1及び第2の時間間隔が本質的に同じ持続時間(T)を有するものである請求項9に記載の装置。

#### 【請求項11】

前記制御手段(105)は、前記第2の時間間隔が、前記第1の時間間隔が終了したときに始まるものである請求項9又は10に記載の装置。

#### 【請求項12】

前記放出手段（101）は、方形パルス又は下降傾斜パルスを放出するためのものである請求項9から11のいずれか1項に記載の装置。

#### 【請求項13】

前記検出手段（103）の感度及び／又は前記パルス（104）の形は、それらの結果が時間に応じて線形的に減少するように選択されるものである請求項9から12のいずれか1項に記載の装置。

#### 【請求項14】

第1の制限された時間間隔の間、測定システムから物体（102）へ電磁放射のパルス（104）を放出するステップと、

前記物体から前記電磁放射の少なくとも一部を反射及び／又は散乱するステップと、

第2の制限された時間間隔（107）の間、前記物体（102）から反射及び／又は散乱された電磁放射を検出する、好ましくは請求項6から8のいずれか1項に記載のステップとを含む前記測定システムと前記物体（102）との間の距離（L）を決定するための方法において、

前記第1及び前記第2の時間間隔が重複しないことを特徴とする方法。

#### 【請求項15】

前記第1及び前記第2の時間間隔は、本質的に同じ持続時間（T）を有する請求項14に記載の方法。

#### 【請求項16】

前記第2の時間間隔は、前記第1の時間間隔が終了するときに始まる請求項14又は15に記載の方法。

#### 【請求項17】

前記パルス（104）は、方形パルス又は下降傾斜パルスである請求項14から16のいずれか1項に記載の方法。

#### 【請求項18】

検出感度及び／又は前記パルスの形は、それらの結果が時間に応じて線形的に減少するように選択されるものである請求項14から17のいずれか1項に記載の方法。

**【発明の詳細な説明】****【0001】****(技術分野)**

本発明は、時間的に変調された電磁波を空間的に分解して光検出し復調する1次元（1D）又は2次元（2D）装置及びその方法に関する。これにより、時間的に変調され空間的に符号化された放射電磁界の位相、振幅及びオフセットを測定できる。本発明は、部品を動かさずに2D又は3Dレンジデータを与える飛行時間（TOF）レンジイメージングシステムにおいて優先的に使用される。このようなレンジカメラは、マシンビジョン、監視、あらゆる種類の安全装置の応用、自動ナビゲーション及びマルチメディアの応用において使用可能である。本発明は、測距システムから離れた位置にある物体に対しても高い距離精度が必要である測距応用において、特に、目標距離とは関係なく距離精度を必要とする応用において特に有益である。

**【0002】**

本明細書において、「光」という用語は、あらゆる電磁放射を表し、好ましくは、可視の紫外線又は赤外線放射を表す。

**【0003】****(背景技術)**

ドイツ特許4440613C1号において、復調ピクセルの1次元又は2次元アレイが開示されている。1つのピクセルは、1つの単一のフォトサイト（フォトダイオード又はCCDゲート）を含み、これは、電気スイッチ（CCD転送ゲート又はトランジスタスイッチとして実現）により1以上の光保護された格納サイト（CCDピクセル又はMOSキャパシタとして実現）に接続される。フォトサイトは、入射光により生じる電荷を蓄積する。このように短時間蓄積した後、光電荷は、スイッチを作動させることにより格納サイトに転送される。このような電荷の附加は、CCD技術において実現されると、繰り返して実行可能である。復調応用の場合、統合時間は、変調信号の周期よりかなり短くなるように選択される。したがって、装置は、時間的なエイリアシングが生じないような速度で入射変調信号をサンプリングするために使用され得る。

## 【0004】

従来の実用的な具現化では、フォトサイト、電気スイッチ及び格納サイトを実現するために、C C Dの原理が常に使用されてきた。1つ以上の転送ゲート（電気スイッチ）により1つのフォトゲートをいくつかの格納ゲートに接続することで、常にスペースが占められる。現在の技術では、例えば、4つの転送ゲートによりフォトサイトにアクセスすることにより、フォトゲートが比較的大きくなる。フォトサイトから格納サイトへの電荷転送（スイッチの応答／効率）が、比較的少なく速度が遅い。さらに、実際のところ、4つの転送ゲートの転送効率を等しくすることが難しい。したがって、現在の実用的な具現化では、飛行時間（T O F）の応用に必要とされる実際の周波数（> 1 M H z）での単一のスイッチ／格納の組み合わせが不均等になる。これらの作用により、現在の技術では、1つのスイッチと1つの格納サイトからなる装置と特別な動作モードとして実現又は動作された場合のT O F応用に対して、ドイツ特許第4440613C1号の教示しか使用されず、すなわち、サンプリング点がパラレルではなく時間的にシリアルに獲得されるように動作されなければならない。これは、移動物体を含む高速に変化する場面をT O F測定しなければならない場合、深刻な制限となる。

## 【0005】

ドイツ特許出願公開第19704496A1号において、少なくとも2つの変調フォトゲート（M P G）と専用の蓄積ゲート（A G）とからなる同様のピクセル構造が記載されている。M P G対が、平衡モードで（平衡モジュレータ）として常に動作される。電荷キャリアは、入射変調光によりM P Gの下にある空乏領域に光学的に発生され、電位の傾きにより蓄積ゲートに案内される。この電位の傾きは、M P Gに適用される制御信号に依存する。

## 【0006】

ドイツ特許出願公開第197046496号は、変調された送信機の位相に対して2つの位相と連続して動作されることで、受光した光の時間遅延を測定できる1つのM P G対でのピクセルの具現化を含む。ドイツ特許第4440613C1号の実用的な具現化にあるように、「同位相」及び「直角位相」信号をこのようにシリアルに獲得することは、場面が高速に変化するT O F応用に使用さ

れる場合、深刻な欠点となる。

### 【0007】

さらに、ドイツ特許出願公開第19704496A1号には、4つのMPGと4つのAGでの具現化が提示され、この場合、常に2つのMPGが平衡化された変調対を作り出し、両方の対が互いに異なる位相で動作される。このようにして、入射光の4相測定値（サンプリング点）がパラレルに測定可能である。ドイツ特許第4440613C1号の場合のように、4つの異なる局所的な場所から光感知エリアにアクセスすることにより、電荷の分布が非均一的になり、各蓄積ゲートに異なるオフセットを与える、これは、補償が複雑なものである。ドイツ特許出願公開第19704496A1号には、2つの異なる可能性が提案されている。

### 【0008】

(i) AGは、CCDゲートとして実現される。電荷キャリアは、AG下で蓄積され、多重構造により、例えば、CCDにより、蓄積時間後読み出される。

### 【0009】

(ii) 代替的に、電荷を蓄積する代わりに、AGは、pnダイオードとして直接実現可能であり、信号は、電圧又は電流として（例えば、APS構造体で）読み出されるか、又は、位相及び全強度を測定するために、これらの信号が後処理構造体に直接供給される。

### 【0010】

しかしながら、このような後処理APS構造体は、センサのスペースを占領してしまい、センサのピクセルサイズを常に大幅に増大させるため、その開口率が減少する。さらに、発生した光電流を蓄積前に增幅ステージに直接供給することにより、さらなるノイズ源が信号に付加され、特に、低出力の光入力信号に対して構造体の性能が低下する。

### 【0011】

ドイツ特許出願公開第19821974A1号は、ドイツ特許出願公開第19704496A1号に基づいている。ここでは、MPGのいくつかの特別な寸法及び配列が提言されている。MPGは、照明波長の大きさのゲート幅と、この大

きさの10から50倍のゲート長さを有する長く小さなストライプとして与えられる。いくつかのパラレルMPG—AG対が、1つのピクセルエレメントをなす。1つのピクセルエレメント内にあるすべてのMPG—AG対は、同じ平衡化された変調制御信号で動作される。すべてのAGが、一对の読み出しワイヤに適切に接続され、和と差の電流を発生させる後処理回路を与える。1つのピクセルは、1以上のピクセルエレメントからなり、各ピクセルエレメントは、いくつかのMPG対からなる。1つのピクセルがいくつかのピクセルエレメントで実現されると、ドイツ特許出願公開第19821974A1号の教示は、異なる位相関係において、特に、90°の位相差で（異なるピクセルエレメントにおいて同位相及び直角位相測定）ピクセルエレメント動作することを意図している。さらに、ドイツ特許出願公開第19821974A1号において、光を（光感知）MPGにのみ集束させるために、マイクロレンズ又はストライプレンズの使用が推奨されている。しかしながら、これらの光学構造体は、1つのピクセルに撮像される場面の詳細の局所的に不均一な部分を修正しない。大きなピクセルサイズが原因で特に予想されるこのような不均一性により、測定にエラーが生じる。これは、同位相ピクセルエレメントが、直角位相ピクセルエレメントとは別の場面の部分を獲得するためである。

### 【0012】

ドイツ特許出願公開第19821974A1号の主な欠点として、目標となる（比較的大きな）ピクセルサイズが $50 \times 50 \mu\text{m}^2$ から $500 \times 500 \mu\text{m}^2$ である点が挙げられる。したがって、多数の10、000ピクセルのより大きなアレイとして実現することは適切ではない。上述したようにMPGが長く狭い理由は、光から発生した電荷キャリアをAG内に輸送する距離を短くする必要があるためである。距離が短い場合のみ、構造体は、高い変調周波数（増大された帯域幅）を復調するために使用可能である。MPGが、長さが短く幅が狭いMPGで実現されると、各ピクセルの感光エリアは、予想されるスペースを消費するピクセル内後処理回路に対して、非常に小さいものとなるであろう。長さが長く幅が狭いいくつかの変調構造体を実現し、それらをパラレルに配設して動作させることにより、（電荷キャリア用のドリフト進路が狭くなることにより）帯域幅を損

失することなく感光エリアを増大させることは、光学的な開口率を増大させる的確な方法である。しかしながら、増大された開口率は、より大きなピクセルでのみ実現され得るため、アレイにおいて実現されるピクセルの総数は、上記先行技術の特許出願に記載されている装置では大幅に制限される。

#### 【0013】

T O F測距システムは、場面の能動照明を常に使用する。通常、検出器付近に変調された光源が配置される。照明源と目標間の距離の2乗に伴い、照明された物体又は目標の光出力密度は減少するため、検出器の受光強度も目標の距離の2乗に従って減少する。これは、センサから離れた位置にある目標の測定精度が、目標付近の精度より悪いためである。

#### 【0014】

いくつかの公知のT O Fシステムが、パルス持続時間中、一定の振幅の方形光パルスで動作される (Schroeder W., Schulze S., "Laserkamera:3D-Daten, Schne 11, Robust, Flexibel", Daimler-Benz Aerospace:Raumfahrt-Infrastruktur, 1998を参照)。受信機は、高速の電気、光学又は電子光学スイッチ機構として、又はそれと組み合わせて実現され、この機構は、例えば、M O Sスイッチ、光電子増倍管 (1 D) 又はマイクロチャネル基板 (M C P)、イメージ増倍管、又は特殊なC C Dの「完全な基板シャッタ機構」 (Sankaranarayanan L. et al., "1 GHz CCD Transient Detector", IEEE ch3075-9/91, 1991) である。Spirig, Lange及びSchwarzeのロックイン又は復調ピクセルが、この種の動作に使用可能である (Spirig T.、"Smart CCD/CMOS Based Image Sensors with Programmable, Realtime Temporal...", Diss. ETH No. 11993, Zurich, 1997; Lange R. et al., "Time-of-flight range imaging with a custom solid-state image sensor", Proc. SPIE, Vol. 3823, pp. 180-191, Munich, June 1999; Lange R. et al., "Demodulation pixels in CCD and CMOS technologies for time-of-flight ranging", Proc. SPIE, Vol. 3965A, San Jose, January 2000, Schwarze R. ドイツ特許出願公開第19704496A1号)。

#### 【0015】

光パルスを伝送すると、受信機のスイッチが開く。スイッチは、光パルスが終

了すると閉じる。受信機に蓄積される光の量は、スイッチのオン時間により規定され時間ウインドウと、受け取った光パルスのオン時間の遅延時間ウインドウの重なり合いに依存する。スイッチとパルス幅の両方のオン時間は、同じ長さをもつように選択される。したがって、距離がゼロの目標は、光パルスの全量を受け取り、完全な光パルスが蓄積される。光源から離れた位置にある目標は、少量の光パルスしか蓄積しない。システムは、パルス幅  $T$  と光速度  $c$  の積の半分で規定される、光パルスの電波レンジ内の距離  $L < L_{\max}$  のみを測定できる。

#### 【0016】

後方散乱光の強度は、発光能動照明源までの目標の距離の2乗に従って減少する。先行技術のシャッタ動作では、蓄積された受信信号の減衰がさらに距離依存になる。

#### 【0017】

##### 【数1】

$$\text{蓄積信号} \sim \frac{(L_{\max} - L)}{L^2} \cdot I_{\text{trans}} \quad (1)$$

式中、  $I_{\text{trans}}$  は、透過光の強度を表す。

#### 【0018】

##### 【数2】

$$L_{\max} = \frac{T \cdot c}{2} \quad (2)$$

図8及び図9に、これらの先行技術の内容が要約されている。

#### 【0019】

測距を行うためのこのような原理を使用するために、2つの追加の測定が実行されなければならない、すなわち、背景オフセットを測定し減じるために任意の能動照明を用いない第1の追加の測定と、後方散乱光の振幅を測定するためにオンに切り換えられた能動照明を用いた第2の追加の測定が実行されなければならない。

#### 【0020】

(発明の開示)

本発明の目的は、先行技術の上述した制限を解消する、変調された電磁波を空間的に分解して光検出し復調する装置及び方法を提供することである。さらに、本発明のさらなる目的は、装置と目標間の距離を決定する装置及び方法を提供することである。これは、独立クレームに規定されるような装置及び方法により達成される。

#### 【0021】

本発明の基本的な概念は、互いに近接した少なくとも2つのフォトサイトの場面の同じ部分を撮像するマイクロ光学素子を用いることからなる。これらのフォトサイトのそれぞれには、少なくとも1つ、好ましくは2つの格納エリアが隣接しており、この中にフォトサイトからの電荷が即座に（数MHzから数十又は数百MHzの速度で）移動され、本質的にノイズがなく蓄積される。これは、電荷結合素子（CCD）の原則を用いることにより可能である。本発明による装置は、2つのタイプの変調された放射電磁界に対して2つのモードで優先的に動作され得る。

#### 【0022】

2つのフォトサイト及びそれらの格納エリアを直角位相で動作させることにより、すなわち、第1のフォトサイト及びその格納エリアと比較して4分の1の繰り返し周期で遅延させて、第2のフォトサイト及びその格納エリアにクロック信号を適用することにより、正弦波の放射信号が復調される。

#### 【0023】

放射パルスが到来する間、第1のフォトサイトの格納部分を第1から第2のエリアに切り換えることにより、パルス状の放射信号が測定される。第2のフォトサイト及びその格納エリアは、放射を放出及び受け入れることなくオフセット測定用に使用される。

#### 【0024】

本発明による時間的に変調された電磁波を空間的に分解して光検出し復調するための装置は、1次元又は2次元配列のピクセルを含む。ピクセルは、入射電磁放射を電気信号に変換する少なくとも2つの要素を含み、各変換要素は、前記電気信号を格納する少なくとも1つの要素に関連し、前記少なくとも1つの格納要

素は、入射電磁放射にアクセス不能又は無感応である。ピクセルは、ピクセルに入射する電磁放射を空間的に平均化し、平均化された電磁放射をピクセルの前記変換要素に均等に分配する光学要素を含む。

#### 【0025】

本発明による時間的に変調された電磁波を空間的に分解して光検出し復調するための方法は、

- (a) 電磁放射を1次元又は2次元配列のピクセルに衝突させるステップと、
- (b) 少なくとも2つの変換要素において、ピクセルに入射する電磁放射を少なくとも2つの電気信号に変換するステップと、
- (c) 少なくとも1つの格納要素に、前記少なくとも2つの電気信号のそれを格納するステップとを含む。ステップ(c)の前に、ピクセルに入射する電磁放射は空間的に平均化され、平均化された電磁放射はピクセルの前記変換要素に均等に分配される。

#### 【0026】

本発明による装置と物体との間の距離を決定するための装置は、第1の制限された時間間隔の間、パルス状の電磁放射を放出するための手段と、第2の制限された時間間隔の間、入射電磁放射を検出するための手段と、前記第1及び第2の時間間隔が重複しないように、前記放出手段及び検出手段を制御するための手段とを含む。検出手段は、本発明による時間的に変調された電磁波を空間的に分解して光検出し復調するための上述した装置であることが好ましい。

#### 【0027】

本発明による測定システムと物体との間の距離を決定するための方法は、第1の制限された時間間隔の間、前記測定システムから前記物体へ電磁放射のパルスを放出するステップと、前記物体から前記電磁放射の少なくとも一部を反射及び／又は散乱するステップと、第2の制限された時間間隔の間、前記物体から反射及び／又は散乱された電磁放射を検出するステップとを含み、前記第1及び前記第2の時間間隔が重複しないものである。検出には、時間的に変調された電磁波を空間的に分解して光検出し復調するための上述した方法が使用されることが好ましい。

## 【0028】

本発明は、高い光学的な開口率、オフセットエラーに対する無感応性、ほとんど光がない状態でも維持される高い感度、同時データ獲得、小さいピクセルサイズ、及び正弦波とパルス状の放射信号に利用可能な信号光子を使用する際に最大効率を兼ね備える。

## 【0029】

マイクロ光学素子は、各ピクセルで受光した光を平均化し、平均化された光を2つの感光エリアに均等に分配する役割を担う。これにより、ピクセルごとに2つの光学的に同一のフォトサイトがあり、エッジに対して、又は、一般的に言えば、1つのピクセルに撮像されたあらゆる空間的な不均等性に無感応な測定が得られる。小さなピクセルサイズ及び高度に平衡で単純な構造により、光学的なマイクロ構造は、容易に実現され製造され組み立てられる。

## 【0030】

異なる蓄積時間で、すなわち、暗い物体に対して蓄積時間を長く、明るい物体に対して蓄積時間を短くして、シリアルに画像を復調することにより、高ダイナミックレンジが達成される。各ピクセルに蓄積時間が短い画像も格納するためのさらなるCCDゲートが実現されることにより、蓄積時間が短い画像と蓄積時間が長い画像を獲得する間、センサが完全に読み出される必要はない。

## 【0031】

ピクセル自体は、電荷結合素子（CCD）技術において実現可能である。ピクセルは、大きなアレイ（数万ピクセルから数十万ピクセル）に配列され、読み出しあは、CCDの原則を用いて、例えば、「フレーム転送構造」で実行され得る。この代わりとして、ピクセルは、小さなCCD構造（電荷転送効率（CTE）が90%より大きなピクセル当たり3から20CCDゲートで十分である）を実現する可能性を与える相補型金属酸化膜半導体（CMOS）プロセスで実現され得る。このようなCMOSプロセスで、各ピクセルは、アドレスデコーダによりアクセス可能な読み出し増幅器を得ることができる（アクティブ・ピクセル・センサ（APS）の原理）。以下に、CCDとCMOSの両方のさらなる詳細な具現化が記載される。CMOS-APS/CCDを実現化により、単一のCCDのみ

の具現化に比べて以下の利点が得られる。

#### 【0032】

各ピクセルは、個々にアドレスされ読み出される。したがって、着目する領域（R O I）が規定され、例えば、特別な領域が、異なるフレームレートで異なる照明時間又は読み出しを得ることができる。

#### 【0033】

C C Dでの場合のような反射防止問題が生じない。露出過度のピクセルの電荷は、ダンプノード又はセンスノードにダンプされ、隣接したピクセルを乱さない。

#### 【0034】

C C Dでの場合のようなスマearerの問題が生じない。ピクセルの電荷をイメージ全体を介して移動させる代わりに、電荷は、各ピクセル内で電圧に変換される。

#### 【0035】

4つ以上のサイトから1つのフォトサイトにアクセスする代わりに、各ピクセルは、2つのフォトサイトを含む。これらのサイトのそれぞれは、C C Dゲート（転送、変調又はサンプリングゲート）により好ましくは2つの側から高度に対称的にアクセスされる。これらのサンプリングゲートのそれぞれは、フォトサイトから専用格納ゲートに電荷キャリアを転送し、結果的に、各ピクセル内に4つの隔離された格納サイトが優先的に得られる。したがって、サンプリング点は、同じ時間に測定され、ピクセルは、ゆっくりと変化するプロセス又は動きのないプロセスの観察に制限されない。本発明による装置は、ゼロから数十MHz又は数百MHzまでの範囲にある変調された放射電磁界（例えば、変調された光）の復調帯域幅を有する。

#### 【0036】

電荷キャリアは、任意の後処理電子装置に直接供給されるのではなく、各格納サイトに繰り返し付加され蓄積される。このようなC C Dの電荷付加能力は、ほぼノイズがないプロセスであり、これにより、システムは、蓄積時間を延長するだけで、比較的低い光出力で動作できる。これは、ピクセル内後処理電子装置で

のピクセル具現化より有利である。

### 【0037】

ピクセルサイズは、良好な光学開口率（マイクロレンズなしでも>50%）を提供しながら、先行技術で達し得るものよりも小さいサイズが実現される。これは、ピクセル内に復調された位相情報を格納しても、各ピクセル内にさらなる後処理電子装置を実現することに比べ、より少量のスペースしか占めないため可能である。

### 【0038】

本発明による装置は、正弦変調された放射信号を取り扱うことができる。3つ以上、好ましくは4つの時間的なサンプリング値 $A_i$ （ $i = 0, 1, 2, 3$ ）が、例えば、 $T/2$ （ $T$ は変調時間）に等しい長さの後続の、場合によっては部分的に重複する時間間隔の間、対応する時間間隔中繰り返し蓄積することにより測定される。 $A_0$ 及び $A_2$ は、第1のフォトサイトで測定され、 $A_1$ 及び $A_3$ は、第2のフォトサイトで測定される。位相角度 $\phi$ は、以下の式により求められる。

### 【0039】

#### 【数3】

$$\phi = \alpha \tan \left( \frac{A_0 - A_2}{A_3 - A_1} \right) \quad (3)$$

また、本発明による装置は、パルス状の放射信号を取り扱うことができる。第1のフォトサイトは、放射パルスの到達時間中、第1の格納エリアから第2の格納エリアに切り換えられるため、放射信号の第1の部分が、第1の格納エリア内に蓄積され、放射信号の残りは、第2の格納エリアに蓄積される。第1の格納エリア $B_0$ に蓄積された信号があり、第2の格納エリア $B_1$ に信号がある。第2のフォトサイトは、以下の方法でオフセット測定するために用いられる。すなわち、放射パルスの完全な信号が、第2のフォトサイトの第1の格納エリアに蓄積され、信号 $C_0$ を発生する。 $C_0$ は、 $B_0$ 及び $B_1$ の和に等しいため、強度画像を直接表す。 $B_0$ 及び $B_1$ の和と $C_0$ の偏差は、1つのピクセルにおける両方のフォトサイト間の光学的又は電気的不均等性を修正するために使用可能である（ピクセルの較正）。その後、第2のフォトサイトは、第2の格納エリアに切り換えられ、パ

ルス状の放射を受けない時間中、背景放射と暗電流は、この第2の格納エリアに蓄積され、信号C<sub>1</sub>を発生する。その比率

【数4】

$$q = \frac{B_0 - C_1}{B_1 - C_1} \quad (4)$$

は、放射パルスの到達時間の測定値である。放射パルスの時間的な形も格納エリアの時間的な感度関数も完全な2進数ではない（時間の連続した関数である）ため、比率qは、一般的に、到達時間の非線形関数である。したがって、正確な距離情報を出すための測距で較正されなければならない。

【0040】

本発明により、パルス状の放射信号で以下の4つの動作モードが好適に使用される。

【0041】

(I) 逆シャッタ動作

本発明の一つの態様による最も簡単な動作方法は、光パルス伝送の終了時又はそれ以降にスイッチをスタートさせることである。後者の場合、レンジカメラの前にある一定の距離レンジが、「蓄積ウインドウ」外のものであるため測定不能である。しかしながら、スイッチの開時間は同じままである。これにより、センサからより離れた位置にある目標は、レンジカメラ付近の物体より光パルスの長い周期を蓄積する。距離の2乗に比例する拡散反射目標からの後方散乱光の減衰とともに（ランベルト反射目標と仮定）、光パルスの結果的に得られる蓄積された信号シェアは、目標の距離とともに線形に減少する。図2に、この概念が示されている。

【0042】

(II) 方形パルスの代わりの傾斜パルス

方形パルスの代わりに（下降）傾斜パルスを使用し、上記セクション(a)に記載した「逆シャッタ動作」とこの動作とを組み合わせることにより、蓄積された信号は、目標の距離に依存せず、目標がランベルトリフレクタであれば、その軽減率にのみ依存する。これは、受け入れた線形傾斜の蓄積により、蓄積された

信号は、全受信信号の平均値を参照すれば、距離の平均値に比例するからである。この受信信号の平均値が、目標の信号強度に対して逆2乗の依存関係をもつため、全蓄積信号は、目標の距離に依存しない。これは、目標の軽減特性にのみ依存する。したがって、この方法は、物体の軽減を測定するために使用可能である（ランベルトリフレクタであることが分かっている場合）。

#### 【0043】

これらの結果を解釈するには注意が必要である。過度に単純化した観点から、測定値がまったく情報を含まないと思うかもしれない。しかしながら、以下の事実を考慮すべきである。

#### 【0044】

情報は、これらの結果を「暗測定」（非照明）及び「明測定」（能動照明源で変調されていないDC照明）に参照する場合にのみ得られる。後者の測定結果は、物体の距離に依存する。カメラから離れた位置にある照明された物体は、カメラ付近にあるものより暗い。これらの参照測定でのみ距離を計算できる。この利点は、全レンジにわたって変調された測定の一定の信号対雑音比を獲得する点である。さらに、この測定では信号が距離に依存するため、センサの特別に高いダイナミックレンジが不要である。

#### 【0045】

現実の場面では、全表面がランベルトリフレクタのように正確に挙動するわけではなく、光強度が物体の距離の2乗に従って減少するわけではない。したがって、測定は情報を含む。

#### 【0046】

システムの較正が依然として必要である。この動作モードの主な利点は、センサのダイナミックレンジに対する要求が減少することである。したがって、この方法は、場面を照明するために能動照明が使用される他の応用でも用いられ、すべての物体が、それらの照明への距離とは関係なく、同じ輝度で現れなければならない。他の応用の中に、能動照明（例えば、IR）を用いる引用された監視応用がある。この応用において、カメラは、カメラから離れた位置にある目標（たとえば、泥棒）と、カメラの近くにある目標の両方を見る必要がある。従来の目

標照明では、遠い位置にある物体を見る能够ないように照明が選択されると、カメラの近くにある目標は飽和状態になり、これは、情報がないことを意味する。

#### 【0047】

##### (III) スイッチの転送特性へのパルス形状の適応

ほとんどのシャッタ又はスイッチ機構は、理想的なスイッチのように挙動しない。その代わりに、それらは、典型的な「スイッチ」特性を有する。例えば、それらは、非常に短い時間に切り換えを行わないが、例えば、線形又は方形の応答により与えられるある一定の「スイッチ」時間有する。装置の中には、この「シャッタ効率」は、例えば、調節可能な外部制御電圧により、外部から影響を与えられ時間の経過に従って変化するものがある。これらの感度の変化は、これまでの記載では考慮されなかったものである。時間の経過に従って感度が線形に増大するスイッチが、例えば、(傾斜状のパルスではなく) 単一の方形パルス照明と組み合わせて使用されることにより、上記セクション (b) に記載されるものと同じ結果が得られる。また、光パルスの形状は、スイッチの転送特性に適用され得る。

#### 【0048】

##### (IV) スイッチの転送特性の適用

距離から蓄積された(ゲート制御された)電荷の依存性を変化させるために、光パルスの形状が変更されるだけでなく、検出器の転送特性も修正されることが非常に多い。また、動作モード (a) から (d) の組み合わせも可能である。

#### 【0049】

本発明は、以下の範囲における先行技術の制限を解消する。

#### 【0050】

受信信号の位相情報を復調するために使用される3相又は4相測定(又は時間的なサンプリング点)は、連続的にではなく、同時に、すなわち、パラレルに実行され得る。

#### 【0051】

全体的なピクセルサイズは小さい。したがって、本発明は、大きなアレイ(数

万ピクセルから数十万ピクセル) としての具現化に理論的に適切である。

#### 【0052】

本発明は、50%を超える大きな開口率(マイクロレンズなし)を与える、マイクロレンズが使用される場合は、最大100%のものを与える。

#### 【0053】

同位相及び直角位相信号を獲得するために、2つの光学的に同一のフォトサイトが使用される。したがって、ピクセルは、1つのピクセルに撮像される場面の詳細内の局所的な場面の差に感応しない。

#### 【0054】

ピクセルが単純で高度に対称的な構造であるため、マイクロレンズ構造の非常に効率的な具現化が可能となる、最大100%の有効開口率が得られる。さらに、マイクロレンズアセンブリの組み立てや位置決めは、1次元にのみ延長するため、比較的容易になる。

#### 【0055】

本発明は、信号が低い時点では能動電子装置が使用されないため、装置のノイズに対して強い。その代わり、蓄積された信号が十分に強い場合のみ後処理が実行される。

#### 【0056】

さまざまなサンプリング点は、オフセットフリー(又は、単一のCCD又はCMOS-APS/CCD技術における具現化に応じて、少なくとも一組のオフセットフリー)である。

#### 【0057】

TOFシステムは、物体の距離とは無関係の分解能で動作する。

#### 【0058】

以下、添付の略図的な図面を参照して、本発明及び比較用に先行技術が詳細に記載される。

#### 【0059】

(実施形態の詳細な説明)

図1に、本発明による装置の例示的なピクセル50の基本的な構造が示されて

いる。ピクセル50は、例えば、2つの感光フォトサイト51.1、51.2を含む。第1のフォトサイト51.1が、位相角度0°に対して第1のフォトゲート52.1を、位相角度180°に対して第2のフォトゲート52.2を有し、第2のフォトサイト51.2が、位相角度90°に対して第3のフォトゲート52.3を、位相角度270°に対して第4のフォトゲート52.4を有する。各フォトサイト51.1(又は51.2)にある2つのフォトゲート52.1、52.2(又は52.3、52.4のそれぞれ)の間には、好ましくは固定電位に維持される中央のフォトゲート53.1(又は53.2)がある。ピクセル50は、光保護された格納ゲート54.1から54.4をさらに含み、これらのゲートのそれぞれが、フォトゲート52.1から52.4に関連付けされる。第1の格納ゲート54.1は、位相角度0°の信号を格納するためのものであり、第2の格納ゲート54.2は、位相角度180°の信号を格納するためのものであり、第3の格納ゲート54.3は、位相角度90°の信号を格納するためのものであり、第4の格納ゲート54.4は、位相角度270°の信号を格納するためのものである。第2の格納ゲート54.2及び第3の格納ゲート54.3は、分離ゲート55により隔離される。1つのピクセル50内にあるすべてのゲートは、別々に制御され得る。

#### 【0060】

本発明のさまざまな実施形態を示し、以下にさらに記載される図4から7において、類似した要素は、図1と同じ参照符号が付され、再度説明しない。

#### 【0061】

図2に略図的に示されているように、本発明による装置は、場面1を撮像し、撮像された場面3を発生させる標準的な対物レンズ2を含むことが好ましい。装置は、マイクロレンズアレイ4と、光学的特定用途向け集積回路(A S I C)5をさらに含む。

#### 【0062】

図3に、マイクロレンズアレイ4のピクセル40と光学A S I C5のピクセル50の詳細が示されている。マイクロレンズアレイの各ピクセル40は、例えば、マイクロレンズ又は複数のマイクロレンズとして、回折素子又は複数の回折素

子として実現可能な光学的なマイクロ構造体41を含む。光学的なマイクロ構造体41の目的は、撮像場面のピクセル30の平均的な光強度をASICピクセル50の2つの光学的に同一のフォトサイト51.1、51.2に均等に分配することである。これは、ピクセル50に割り当てられた場面のエリア30が部分的に白色であり部分的に黒色であり、このエリア30に対応するフォトサイト51.1、51.2のエリア31.1、31.2が網状線で描かれている均一に灰色である一例を選択することにより、図3に略図的に示されている。図3の略図において、光学的なマイクロ構造体41は、2つの下位構造体42.1、42.2からなる。第1の下位構造体42.1は、強度を平均化するためのものであり、第2の下位構造体42.2は、平均化された強度を2つのフォトサイト51.1、51.2に分配するためのものである。

#### 【0063】

本発明による装置は、以下の2つの異なる技術において実現されることが好ましい。

#### 【0064】

- (A) 単一CCD技術
- (B) CMOS-APS/CCD技術

#### 【0065】

以下、これらの2つの技術で実現される実施形態について記載する。

#### 【0066】

- (A) 単一CCDイメージャとしての具現化

図4に、単一CCDプロセスで実現される実施形態が示されている。1つのピクセル50.1(又は50.2、….)は、2つの感光エリア51.1、51.2からなる。これらのエリア51.1(又はそれぞれ51.2)のそれぞれは、2つ又は3つの感光変調ゲート52.1、52.2(又は52.3、52.4)に分割され、この場合、中央のフォトゲート53.1(又は53.2)とともに3ゲートの具現化が示されている。復調/蓄積動作中、中央のゲート53.1(又は53.2)は、存在すれば、固定電位に維持され、外側の変調ゲート52.1、52.2(又は52.3、52.4)は、平衡させて変調される。その後、光

学的に発生して電荷キャリアが、変調ゲート52.1、52.2（又は52.3、52.4）下の実際の電位勾配に応じて、近接する格納ゲート54.1、54.2（又は54.3、54.4）に分配される。格納ゲート54.1、54.2（又は54.3、54.4）は、追加の輸送ゲート55により互いに隔離される。1つのピクセル50.1内にある2つの変調ゲート対52.1、52.2及び52.3、52.4は、互いに90°の位相差で動作されるため、一方の対52.1、52.2は、同位相部分を蓄積し、他方の対52.3、52.4は、直角位相部分を蓄積する。ピクセル50.1内の各ゲートは、個々に制御可能であり、すべてのピクセル50.1、50.2、…はパラレルに動作される。

### 【0067】

センサは、フレーム転送CCDとして実現される。光にアクセス可能である第1の部分的に感光性のあるエリア56は、蓄積用のロックインCCDアレイとして作用し、第2の光保護されたエリア57は、格納用のメモリCCDアレイとして作用する。したがって、ピクセルゲートは、3相CCDアレイのように動作して、格納CCD57に画像を転送する。その後、これは、さらなる光信号のひずみから保護されて読み出される。読み出し中、次の画像が蓄積される。第1のエリア56から第2のエリア57への画像転送中、スマearerが起こる場合がある。しかしながら、1つのピクセル50.1（50.2、…）に属するすべてのサンプリング点が同じ寄生のオフセット電荷を蓄積するため、測定された位相結果に深刻な影響を与えない。さらに、単色光源又は狭い帯域フィルタと組み合わせた制限されたスペクトル帯域幅を有する光源を使用することにより、背景照明及びスマearer効果が効率的に提言する（能動照明は、格納CCD57に画像をシフト中に「オフ」に切り換えられる）。

### 【0068】

従来のCCDのように、露出過度のピクセルの電荷キャリアが隣接するピクセル情報を妨げないように、非反射防止構造体が組み合わされる。さらに、第1のエリア56の上部にある電荷ダンプ拡散58により、寄生電荷を取り除くことができる。CCDゲートの寸法は、正方形のピクセル50.1、50.2、…を得る（すなわち、ゲートの幅が長さの約1.2倍になる）ように優先的に選択される

## 【0069】

提案された構造体は、新しい変調ピクセル原理と確立されたフレーム転送CCD原理との好適な組み合わせである。

## 【0070】

## (B) CMOS-APS/CCDイメージヤとしての具現化

ピクセルは、アクティブピクセルの概念とともにCMOS/CCD技術でも実現される。CMOS-APS/CCDの具現化は、各ピクセルが個々にアドレスされ読み出され、反射防止の問題又はスマearerの問題が生じないため、単一CCDの具現化より好適であるように見える。図5から7に、CMOS-APS/CCD技術で実現される3つの異なる実施形態が示されている。

## 【0071】

図5は、ピクセル50当たり1つの読み出しステージしかもたない実施形態を示す。単一のサンプリング点は、従来のCCDラインのようなCCDゲートを動作させることにより連続して読み出しノードに転送される。この転送中、さらなる電荷が光学的に発生しないことに注目されたい。

## 【0072】

ピクセル50は、リセット用のダンプゲート59及びダンプ拡散60と、読み出し用のOUTゲート61及びセンス拡散62を含む。ピクセル50は、アドレス可能なピクセル内APS読み出し回路70を含む。

## 【0073】

図6及び図7は、ピクセル50当たり2つの読み出しステージ70.1、70.2を有する実施形態を示す。この場合、2つのセンス拡散62.1、62.2（又はそれぞれ62.3、62.4）は、2つの側からアクセス可能な1つのセンスノード63.1（又は63.2）に短絡させられる。これにより、感光CCDゲートを介してサンプリング値を移動させることなく、読み出しステージ当たり2つのサンプリング点を読み出すことができる。確かに、センス拡散62.1から62.4は、より大きな静電容量（因数2未満）と、より悪い変換率（電子当たりの電圧増加）を得るが、この欠点は耐え得るものである。言及すべきこと

は、ピクセル50当たり2つの読み出しステージ70.1、70.2を使用することによる固定パターンノイズが問題ないことである。これは、(3)式の評価アルゴリズムにおいて平衡化モードのサンプリング点が減算されたためである。固定パターンノイズは、主に、オフセット部分をピクセル値に付加する。このオフセットは、減算後になくなる。これを、「1対のオフセットフリー電荷蓄積」と呼ぶ。

#### 【0074】

以下、TOF測距システムを動作するためのさまざまな方法について記載する。

#### 【0075】

図8及び図9は、先行技術によるTOF測距システムの動作原理を示す。変調された光源(又は送信機)101は、通常、検出器(又は受信機)103の付近に配置される。照明された物体又は目標102の光出力密度が、照明源101と目標102間の距離Lの2乗に従って減少するため、検出器103での受信強度  $I_{rec}$  も、目標距離Lの2乗に従って減少する。光パルス104が伝送されると、受信機103のスイッチ105が開く。スイッチ105は、光パルス104が終了すると閉じる。受信機103に蓄積された光の量は、スイッチ105のオン時間により規定された時間ウインドウ107と、受けた光パルス104のオン時間の遅延時間ウインドウ106の重なり合いに依存する。スイッチ105のオン時間とパルス幅の両方は、同じ長さTをもつように選択される。したがって、距離がゼロ(L=0)の目標102は、光パルス104の全量を受け、完全な光パルス104が蓄積される。光源101から遠くに離れた目標102は、光パルス104の一部分のみを蓄積する。パルス幅Tと光速度cの積の半分により規定された光パルス104の伝播範囲内の距離  $L < L_{max}$  のみが測定される。受光した光の量は、図9に示されているように、発光能動照明源101までの目標の距離Lの2乗に従って減少する。先行技術のシャッタ動作により、蓄積された受信信号がさらに距離に依存して減衰する。

#### 【0076】

図10及び図11に、本発明の一つの態様による第1の動作モードが示されて

いる。「逆シャッタ動作」と呼ばれるこの方法によれば、スイッチ105は、光パルス伝送の終了時又はそれ以降に開始される。レンジカメラから遠くに離れる目標102は、レンジカメラ付近の目標102より光パルス104の長い周期を蓄積する。距離Lの2乗に比例する拡散反射目標102からの後方散乱光の減衰とともに（ランペルト反射目標と仮定）、光パルスの結果的に得られる蓄積された信号シェアは、目標102の距離Lに対して線形的に減少するのみである（図11を参照）。

### 【0077】

図12及び図13は、本発明の一つの態様による第2の動作モードを示す。この方法は、方形パルスの代わりに下降傾斜パルス104を使用し、図10及び図11に関して説明した「逆シャッタ動作」とこの動作とを組み合わせる。これにより、蓄積された信号は、目標102がランペルトリフレクタであれば、目標の距離Lに依存せず、その軽減率にのみ依存する。

### 【図面の簡単な説明】

#### 【図1】

本発明による装置のピクセルの基本的な概念を示す。

#### 【図2】

本発明による装置を示す。

#### 【図3】

関連するマイクロレンズとともに図2の装置のピクセルを示す。

#### 【図4】

CCD技術において実現される本発明の実施形態を示す。

#### 【図5】

CMOS-APS/CCD技術において実現される本発明の3つの異なる実施形態を示す。

#### 【図6】

CMOS-APS/CCD技術において実現される本発明の3つの異なる実施形態を示す。

#### 【図7】

CMOS-APS/CCD技術において実現される本発明の3つの異なる実施形態を示す。

【図8】

先行技術によるパルス状のTOF測距方法の原理を示す。

【図9】

先行技術によるパルス状のTOF測距方法の原理を示す。

【図10】

本発明によるパルス状のTOF測距方法の第1の実施形態の原理を示す。

【図11】

本発明によるパルス状のTOF測距方法の第1の実施形態の原理を示す。

【図12】

本発明によるパルス状のTOF測距方法の第2の実施形態の原理を示す。

【図13】

本発明によるパルス状のTOF測距方法の第2の実施形態の原理を示す。

【図1】

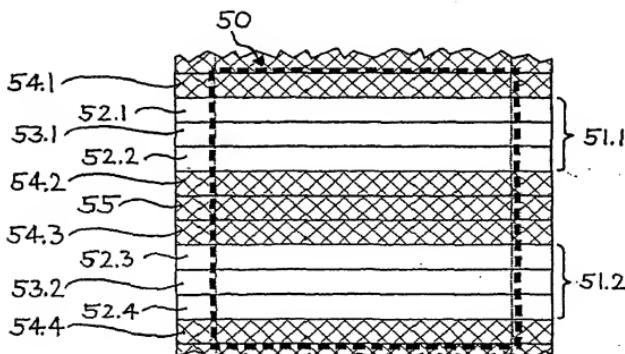


Fig. 1

【図2】

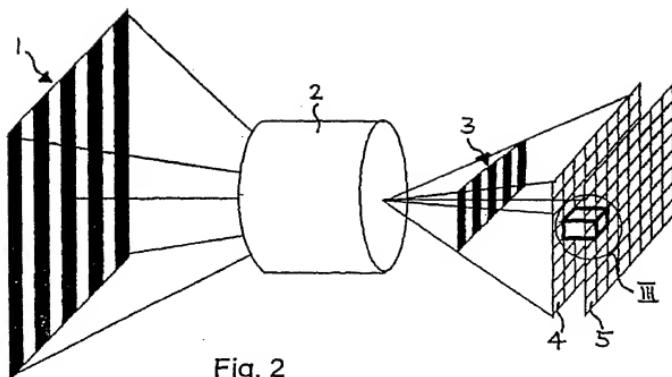


Fig. 2

【図3】

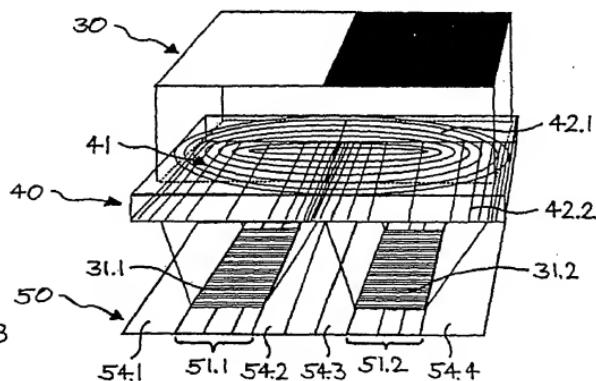


Fig. 3

【図4】

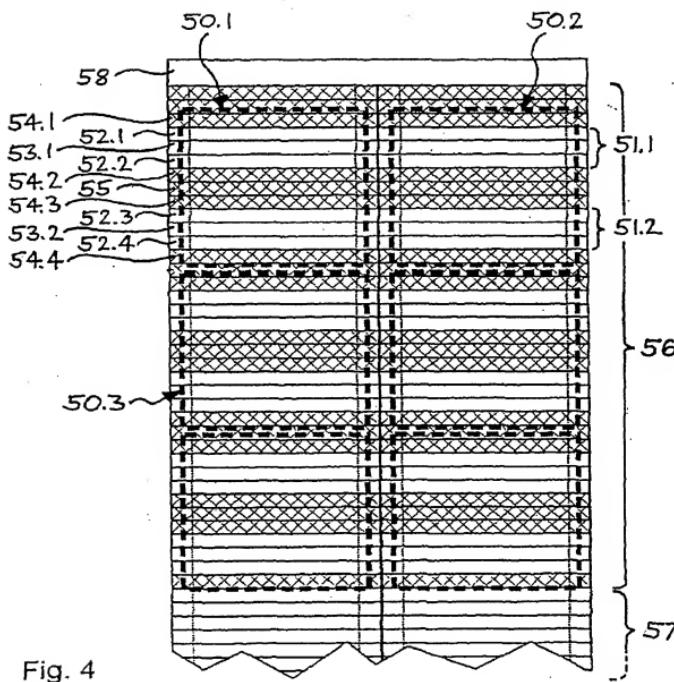
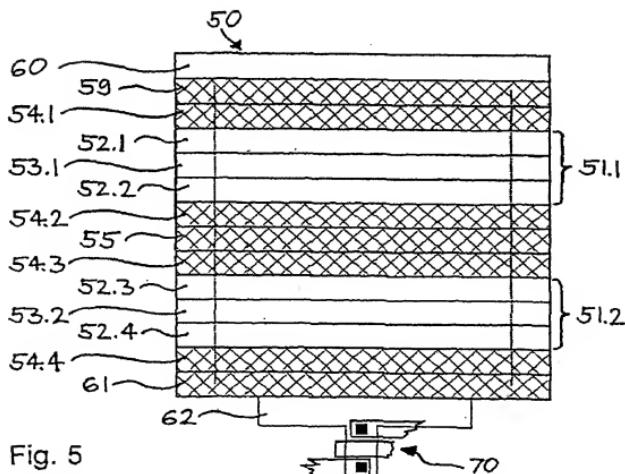


Fig. 4

【図5】



【図6】

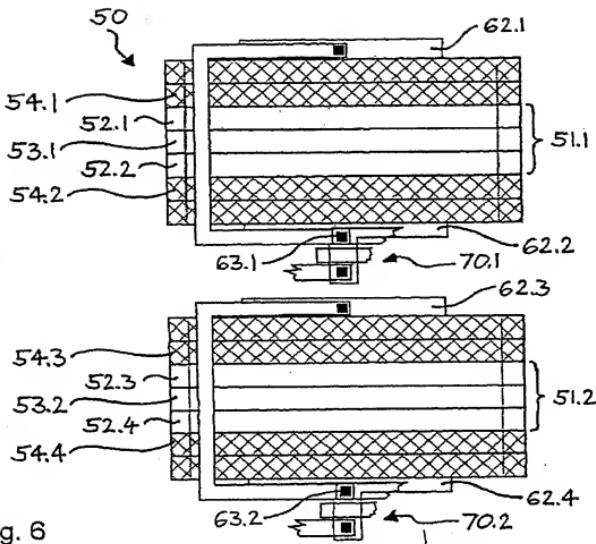


Fig. 6

【図7】

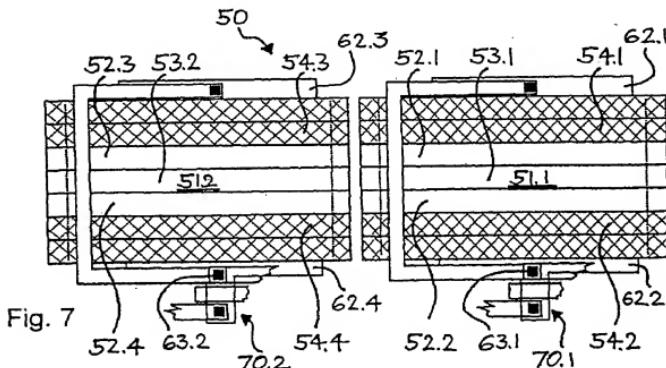
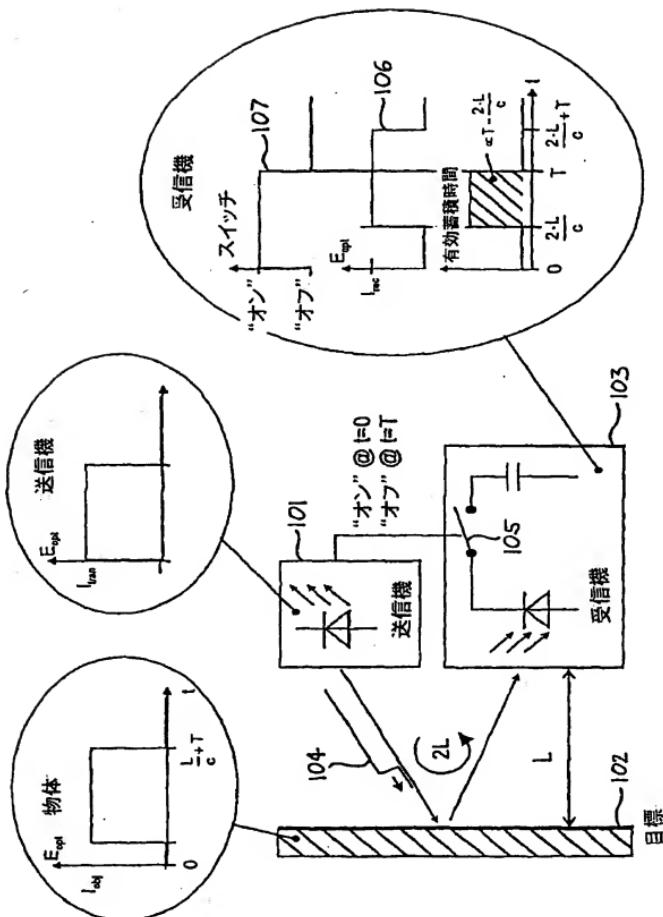
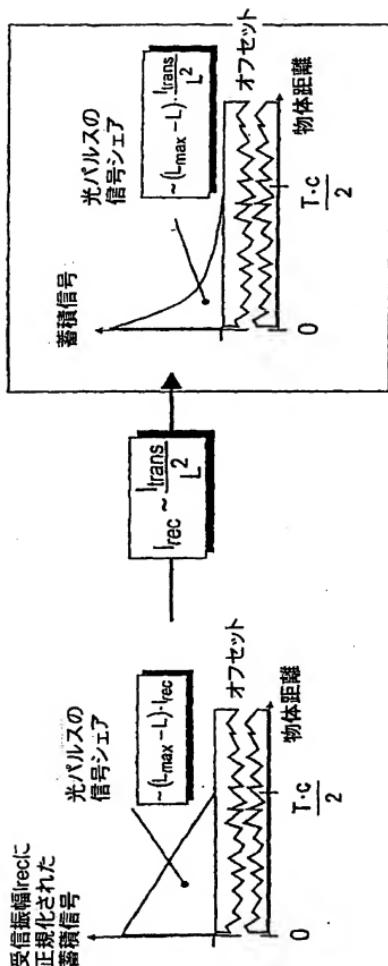


Fig. 7

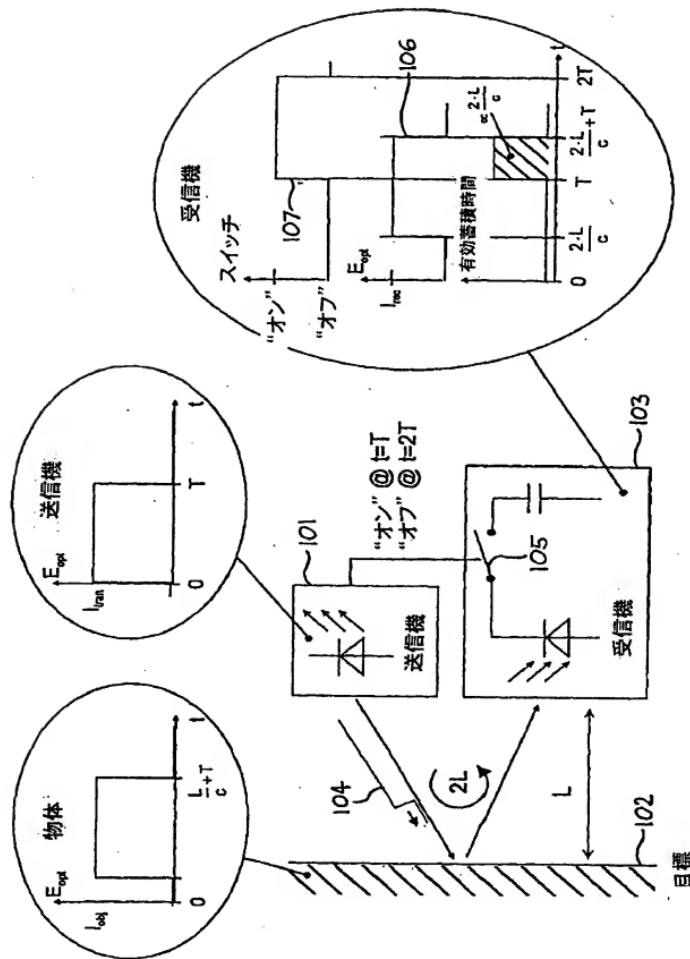
【图 8】



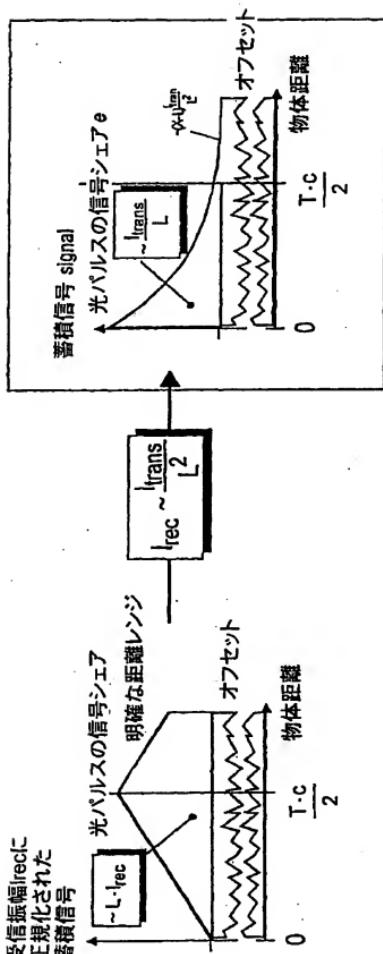
【図9】



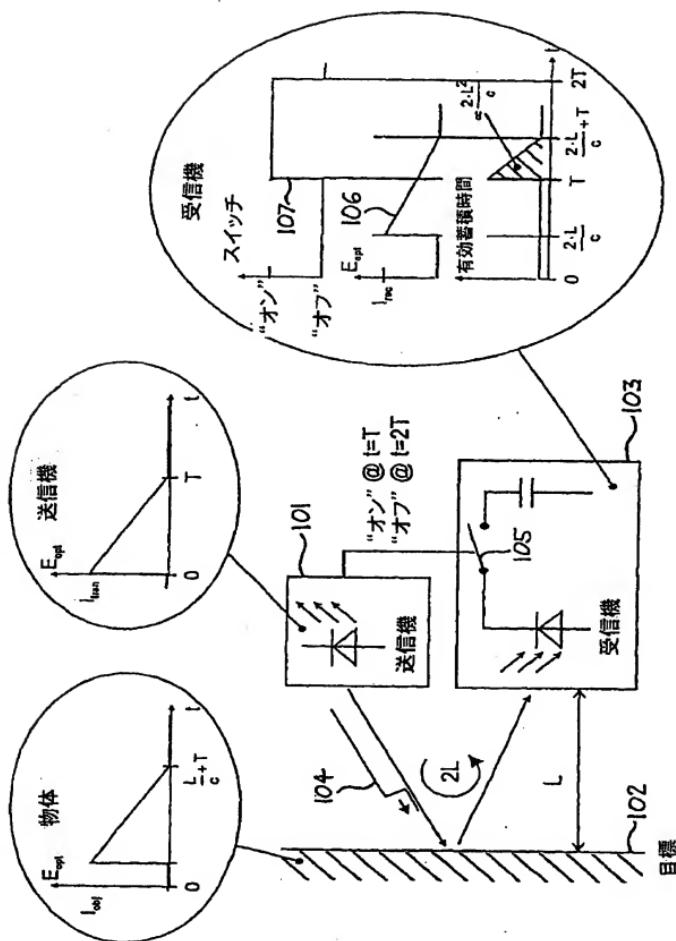
【図10】



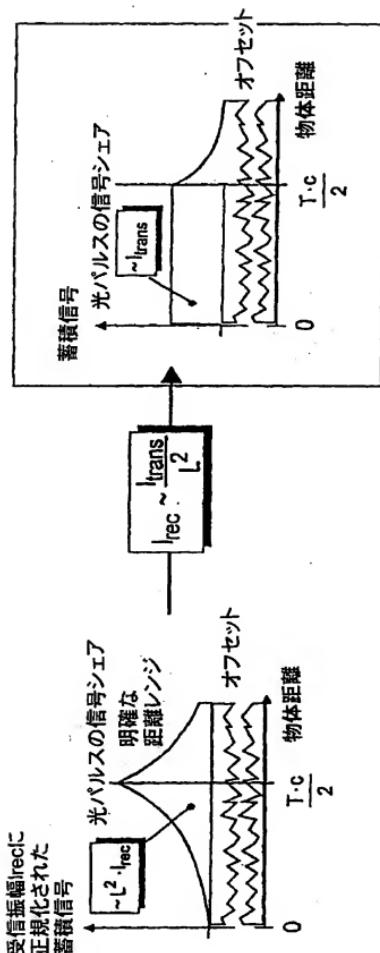
【図11】



【図12】



【図13】



## 【国际調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

|  |   |  |
|--|---|--|
|  |   | Inter/ Int'l Application No<br>PCT/CH 01/00184                                 |
| <b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b><br>IPC 7 GO1S17/89 GO1S17/10 GO1S7/486 H04N5/225  |   |  |
| According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC  |   |  |
| <b>B. REELS SEARCHED</b><br>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)<br>IPC 7 GO1S H04N   |   |  |
| Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  |   |  |
| Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)<br>EPO-Internal, WPI Data, INSPEC   |   |  |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>  |   |  |
| Category *   | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No.  |
| X  | US 4 915 498 A (MALEK JOSEPH H)<br>10 April 1990 (1990-04-10)<br><br>column 1, line 5 - line 34<br>column 4, line 60 -column 6, line 39<br>column 7, line 43 -column 9, line 53<br><br>-----              | 9,10,<br>12-15,<br>17,18   |
| X  | US 4 796 997 A (SVETKOFF DONALD J ET AL)<br>10 January 1989 (1989-01-10)<br><br>abstract<br>column 4, line 3 -column 5, line 39<br>column 7, line 7 - line 36<br>column 8, line 44 - line 52<br><br>----- | 9,14   |
| A  |   | 1,6  |
|  |   | -----  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.   |   | <input checked="" type="checkbox"/> Patent family numbers are listed in annex. |
| * Special categories of cited documents:<br>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance<br>"E" earlier document but published on or after the International filing date<br>"U" document which may throw doubt on priority, claim(s) or which is cited to establish the publication date of another claim or other special reason (see annex)<br>"O" document concerning 1 or more documents, use, exhibition or other means<br>"P" document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed<br>"T" later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention<br>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step in view of this document alone<br>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step while the document is cited, but the document may render other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art<br>"Z" document member of the same patent family |   |  |
| Date of the actual completion of the International search  |   | Date of mailing of the International search report                             |
| 2 July 2001  |   | 11/07/2001   |
| Name and mailing address of the ISA<br>European Patent Office, P.O. 8038 Patentskan 2<br>3000 The Hague, The Netherlands<br>TEL: (+31-70) 340-2240, TX: 31 051 800 011<br>FAX: (+31-70) 340-9016   |   | Authorized officer<br><br>Roost, J   |

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

|                 |                       |
|-----------------|-----------------------|
| Refd            | Patent Application No |
| PCT/CH 01/00184 |                       |

| C(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT |  |                       |
|---|--|-----------------------|
| Category*   | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
| A   | US 5 850 282 A (EGAWA AKIRA)<br>15 December 1998 (1998-12-15)<br>abstract<br>column 2, line 41 - line 65<br>column 6, line 5 -column 7, line 59<br>figures 3,4<br>-----  | 1,6,9,14              |
| A   | WO 97 26761 A (WYNTJES GEERT ; RAPPAPORT,<br>SAUL (US); SHEPHERD ORR (US); VISIDYNE IN)<br>24 July 1997 (1997-07-24)<br>abstract<br>page 17, last paragraph -page 18,<br>paragraph 2<br>page 20, paragraph 2 -page 21, paragraph 2<br>figures 8,9<br>----- | 1,6,9,14              |
| A   | DE 198 21 974 A (SCHWARTE RUDOLF)<br>25 November 1999 (1999-11-25)<br>cited in the application<br>abstract   | 1,6                   |
| A   | DE 197 04 496 A (SCHWARTE RUDOLF PROF DR<br>ING) 12 March 1998 (1998-03-12)<br>cited in the application<br>abstract  | 1,6                   |
| A   | DE 44 40 613 C (LEICA AG ; TESA SA (CH))<br>25 July 1996 (1996-07-25)<br>cited in the application<br>abstract<br>-----   | 1,6                   |

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s)  | International Application No   |     |
|--|------------------|--|--|-----|
|  |                  |  | Inter  | nat |
| US 4915498                             | A 10-04-1990     | NONE   |  |     |
| US 4796997                             | A 10-01-1989     | CA 1265869 A<br>DE 3769368 D<br>EP 0247833 A<br>ES 2007876 A<br>GB 2204947 A, B<br>JP 63061110 A   | 13-02-1990<br>23-05-1991<br>02-12-1987<br>01-07-1989<br>23-11-1988<br>17-03-1988   |     |
| US 5850282                             | A 15-12-1998     | JP 9105623 A<br>JP 9105624 A<br>EP 0768543 A   | 22-04-1997<br>22-04-1997<br>16-04-1997   |     |
| WO 9726761                             | A 24-07-1997     | US 6002423 A<br>AU 1693297 A<br>CA 2243494 A<br>EP 0875117 A<br>JP 9106339 B<br>JP 11506892 T  | 14-12-1998<br>11-08-1997<br>24-07-1997<br>04-11-1998<br>16-10-2000<br>15-06-1999   |     |
| DE 19821974                            | A 25-11-1999     | AU 5025599 A<br>BR 9910523 A<br>WO 9960629 A<br>EP 1080500 A   | 06-12-1999<br>16-01-2001<br>25-11-1999<br>07-03-2001   |     |
| DE 19704496                            | A 12-03-1998     | AU 715284 B<br>AU 4376197 A<br>BR 9712804 A<br>CN 1233323 A<br>CZ 9900693 A<br>WO 9810255 A<br>EP 1009984 A<br>HU 0001087 A<br>JP 2000517427 T | 20-01-2000<br>26-03-1998<br>23-11-1999<br>27-10-1999<br>11-08-1999<br>12-03-1998<br>21-06-2000<br>28-08-2000<br>26-12-2000 |     |
| DE 4440613                             | C 25-07-1996     | DE 59504935 D<br>WO 9615626 A<br>EP 0792555 A<br>JP 10508736 T<br>US 5855667 A   | 04-03-1999<br>23-05-1996<br>03-09-1997<br>25-08-1998<br>05-01-1999   |     |

## フロントページの続き

(51)Int.Cl. 識別記号 (参考)  
 H 0 1 L 31/0232 F I H 0 1 L 27/14 テーマコード (参考)  
 B

(72)発明者 ロベルト、ランゲ  
 スイス国チューリヒ、ザーレンバッハシュ  
 トラーーゼ、11

F ターム(参考) 2G065 AA04 AA11 AB02 AB04 AB05  
 AB14 AB24 AB28 BA04 BA06  
 BA09 BA33 BA34 BB06 BB15  
 BB27 BC09 BC13 BC16 BC22  
 BC33 CA05 DA15 DA08  
 4M118 AB02 AB03 BA10 CA02 CA08  
 FA06 GD03 GD04  
 5F088 BB03 BB06 EA03 EA04 JA12  
 JA20  
 5J084 AA05 AB01 AB07 AB17 AD01  
 BA36 BA38 BB10 CA20 CA55  
 DA01 DA07 DA08 EA01